



5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O Projeto Sistema de Disposição de Rejeitos MUSA objetiva viabilizar técnica e ambientalmente a destinação das lamas e dos rejeitos da Planta Flotação, bem como para a destinação do rejeito não-magnético da Planta Central. Os rejeitos combinados em um único fluxo serão enviados para uma Planta de Filtragem, composta basicamente por processo de espessamento e filtragem. A água filtrada será recirculada, retornando para a Planta Flotação como água de processo, enquanto a torta de rejeitos filtrados será transferida por meio de uma correia transportadora que formará a pilha intermediária de estocagem. Desta pilha, os rejeitos filtrados serão transportados por caminhões para a área do empilhamento a seco, onde tratores e rolos compactadores serão utilizados para espalhar e compactar o material com controle tecnológico suficiente para garantir a estabilidade da Pilha de Disposição de Rejeitos.

A escolha da área destinada à formação da Pilha de Rejeitos foi definida conforme estudos geológicos, geotécnicos e hidrológicos. O empreendimento foi projetado pela empresa HATCH Consultoria e Gerenciamento de Empreendimentos Ltda., de acordo com critérios e premissas admitidas pela equipe de especialistas da Mineração Usiminas.

Com o objetivo de atender as orientações de requerimento de outorga do IGAM (2010), apresenta-se a seguir uma breve caracterização do empreendimento, destacadamente em relação à Pilha de Disposição de Rejeitos e seu respectivo sistema de controle ambiental – Dique de Contenção de Sedimentos, os quais apresentam intervenção sobre os recursos hídricos locais, portanto, passível desta requisição de outorga. Além dessas duas estruturas operacionais, o empreendimento conta ainda com uma Planta de Filtragem, ligações de água recuperada e filtrada, rejeitoduto, rede de distribuição de energia, subestação, acessos, relocação de rede de distribuição, estruturas administrativas e canteiro de obras.

5.1. PILHA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

A Pilha de Disposição de Rejeitos foi posicionada na vertente sul do maciço montanhoso da Serra Azul em área de intervenção das atividades de mineração, buscando-se minimizar as bacias de drenagem impactadas. Na FIGURA 5.1 é apresentado o arranjo geral das estruturas operacionais que compõem o Sistema de Disposição de Rejeitos MUSA.

No QUADRO 5.1 são apresentadas as principais características da Pilha de Disposição de Rejeitos Filtrados.

QUADRO 5.1 – Ficha Técnica da Pilha de Disposição de Rejeitos

Descrição	Medidas
Largura das bermas	7,0 m
Altura máxima dos taludes	5,0 m
Inclinação dos taludes	2,6 H:1,0V
Inclinação geral (Talude Global)	4,0 H:1,0V
Elevação do topo da pilha	978,20 m
Altura máxima da pilha (geral)	77,20 m
Capacidade de armazenamento de rejeitos	9,96 Mm ³

Fonte: HATCH, 2018 – Memorial Descritivo – Projeto Básico.



Sequência Construtiva e de Disposição de Rejeitos

A Pilha de Disposição de Rejeitos Filtrados deve ser desenvolvida em alteamentos sucessivos desde a crista (talude de jusante) até a encosta a montante. Em uma primeira etapa haverá uma acomodação de rejeitos junto ao terreno natural a fim de garantir o adequado desempenho geotécnico da estrutura.

Os rejeitos devem ser espalhados e compactados tão logo sejam descarregados, visando promover o rápido escoamento da água para as estruturas do sistema de drenagem superficial. Posteriormente, haverá uma acomodação para a formação final da pilha, onde junto a uma faixa de 100 m do talude de jusante ocorra uma maior eficiência do grau de compactação e desvio de umidade. Tal medida é de fundamental importância para a formação do depósito e garantir a segurança da estrutura.

Temporariamente, lonas poderão ser utilizadas, colocadas sobre a superfície de rejeitos para proteção de curto prazo contra erosão durante a estação chuvosa, quando a intensidade e/ou a duração das chuvas possa comprometer a compactação dos rejeitos. Vale lembrar que os canais de desvio são estruturas que deverão ser implantadas a fim de desviar o maior fluxo de chuvas que possam incidir na estrutura operacional.

O solo orgânico deve ser disposto no interior da área da pilha de disposição de rejeitos em local que permita a sua coleta e utilização para revegetação dos taludes da própria pilha.

O ANEXO II apresenta os desenhos e descritivos do sequenciamento construtivo da Pilha de Rejeitos.

Plano de Disposição de Rejeitos

Um dos principais parâmetros de projeto para qualquer pilha de rejeitos filtrados é o teor de umidade da torta. A tecnologia de filtragem, a taxa de produção de rejeitos e as características físicas dos rejeitos irão influenciar o teor de umidade possível de ser alcançado nas operações de desaguamento. No entanto, estabelecer um controle rigoroso do teor de umidade é fundamental para o desenvolvimento da pilha, de forma a agilizar a construção e manter a integridade estrutural da pilha de rejeitos filtrados. Outro aspecto importante na formação do depósito é manter junto ao talude de jusante uma faixa de pelo menos 100 metros de rejeito com grau de compactação de 100% PN e desvio de umidade conforme descrito a seguir.

Como regra geral, o teor de umidade pretendido deve ser equivalente ao teor de umidade ótimo obtido em ensaios de compactação Proctor Normal, conforme descrito na norma ABNT NBR 7182, realizados para amostras dos rejeitos em estudo. Podendo variar entre 1 e 2% sob condições climáticas mais úmidas e 1% sob condições climáticas mais secas, a adoção do teor de umidade ótimo tem apresentado bons resultados em operações existentes.

A taxa de disposição de rejeitos será limitada pela capacidade dos rejeitos filtrados para dissiparem as poropressões de água nas camadas subjacentes. A geração de poro-pressão de água deverá ser monitorada por meio de piezômetros e outros instrumentos a serem instalados para viabilizar a gestão da estabilidade da pilha de rejeitos filtrados.

Tratamento da Fundação

Na área destinada a Pilha de Rejeitos será realizada uma supressão vegetal, desmatamento, destocamento e remoção de solo orgânico / solo mole, bem como a escavação para a implantação do canal periférico de drenagem externa. A profundidade média de escavação é variável de 0,30 m até 2,0 m de profundidade. As espessuras foram obtidas a partir das investigações de campo realizadas na área do projeto.



A fim de minimizar os impactos ambientais foi previsto que os solos de baixa consistência serão dispostos no interior da pilha a mais de 200 m do talude de jusante. Com relação à camada de solo superficial (*top soil*) o mesmo ficará acondicionado no interior da área da Pilha de Rejeitos, onde se permita a sua utilização futura quando da revegetação dos taludes externos.

Análise de Estabilidade

Para a avaliação das condições da fundação da pilha foram avaliadas 16 sondagens realizadas previamente, onde foi observado silte e argila com cor de vermelho para amarelo.

Para a análise da estabilidade estática e pseudo-estática, foram consideradas superfícies de falhas circulares. Todos os cálculos de estabilidade foram realizados com o Programa SLOPE/W (versão 2016) de Geo-Slope International, considerando o método Morgenstern-Price.

A seção típica avaliada considerou a configuração final, onde foi adotada uma seção transversal ao longo do lado oeste. A Pilha de Rejeitos tem talude de jusante com inclinação global de 4H:1V e inclinação da face das bermas de 2,6 H: 1V. A elevação da crista é de 978,2 m. Uma zona estrutural de 100 m de perímetro com uma melhor compactação é considerada na Pilha de Rejeitos.

Na porção inferior da pilha e área de talvegue será realizada a remoção de solo mole / inconsolidado variando entre 2,0 a 1,0 m de espessura. Nos demais locais da fundação a remoção será mais superficial (espessura média de 0,3 m). Para o solo mole / inconsolidado situado fora da área da pilha foi considerado uma resistência ao cisalhamento não drenado de $S_u / \sigma' = 0,22$, que foi relatado na literatura para solos argilosos normalmente consolidados (Ladd, 1991), foi assumido para este material.

Os parâmetros de resistências dos materiais empregados nas análises de estabilidade foram determinadas através da interpretação dos dados / informações coletadas durante as investigações de campo, principalmente através dos valores de SPT (valores de N) e na experiência da HATCH com materiais similares. Parâmetros de resistência dos materiais residuais do solo foram interpretados a partir das medições de SPT, ou seja, valores de N.

Os valores de N foram convertidos para $N_{1,60}$ usando as equações relatadas por Skempton (1986). Os valores de $N_{1,60}$ foram então convertidos em ângulos de atrito usando a equação empírica relatada por Teixeira (1996). Os ângulos de atrito inferidos foram revisados e um valor representativo foi selecionado para cada material de fundação de acordo com a experiência local. O solo sob o solo residual inferior é considerado competente em relação aos depósitos de sobrecarga e, portanto, foi considerado como uma camada impenetrável na fundação.

Em termos de longo prazo, a umidade dentro da Pilha de Rejeitos se acumulará no fundo e fluirá em direção ao sistema de drenagem interno e a formação de uma linha freática é esperada no interior da pilha. Assumindo que apenas uma pequena porção da umidade da pilha seca tenha sido drenada através do sistema de drenagem, uma superfície freática com 30% da altura da Pilha de Rejeitos será adotada de forma conservadora para condições de longo prazo, aplicadas tanto ao rejeito quanto aos solos de fundação.



Para a avaliação da estabilidade, foram considerados os seguintes cenários:

- Curto prazo (final da construção) - parâmetros de resistência não drenados foram adotados para o final das condições de carregamento da construção, onde os excessos de poro-pressão e condições freáticas não se dissiparam completamente nem atingiram as condições hidrostáticas. O fator de segurança mínimo (Fsmín) requerido é 1.3.
- Longo prazo - os parâmetros de resistência foram adotados para as condições de carga de longo prazo representando o cenário pós-fechamento onde os excessos de poro-pressão foram totalmente dissipadas e as condições hidrostáticas atingidas. O fator de segurança mínimo (Fsmín) requerido é 1.5.
- Pseudo-estático - parâmetros de resistência UDA foram adotados para a análise pseudo-estática considerando a geração de pressão excessiva de poros durante o cenário de terremoto e a condição de carregamento se torna não drenada. O fator de segurança mínimo (Fsmín) requerido é 1.1.

O QUADRO 5.2 consolida os resultados das análises de estabilidade obtidos para a Pilha de Rejeitos Filtrados. O QUADRO 5.3 apresenta os resultados do estudo de sensibilidade da pilha seca de rejeitos filtrados em diferentes situações de desenvolvimento de poro-pressão de fundação, isto é, diferentes valores de B-bar. Como mostrado no QUADRO 5.3, a estabilidade da Pilha de Rejeitos diminui com o maior acréscimo de poro-pressão de fundação. Se a fundação apresentar uma elevada geração de poro-pressão durante a construção da Pilha de Rejeitos, isto é, B-bar exceder 0,4, uma taxa de alteamento menor deve ser considerada para satisfazer os requisitos de segurança (FS mínimo de 1.3).

QUADRO 5.2 – Resultados das Análises de Estabilidade – Pilha de Rejeitos

Condição de Carregamento	Tipo de Ruptura	FS mínimo	FS obtido
Final de Construção	Ruptura através da Crista (Ruptura Global)	1.3	1.46
Longo Prazo	Ruptura através da Crista (Ruptura Global)	1.5	1.68
	Ruptura através do Meio da Pilha (Ruptura parcial)		1.58
Pseudo-estática	Ruptura através da Crista (Ruptura Global)	1.0	1.07

Fonte: HATCH, 2018

QUADRO 5.3 – Estudo de Sensibilidade – Pilha de Rejeitos

Condição de Carregamento	B-bar	Tipo de Ruptura	FS mínimo	FS obtido
Final de Construção	0.20	Ruptura através da Crista	1.3	1.46
Final de Construção	0.30	Ruptura através da Crista		1.35
Final de Construção	0.40	Ruptura através da Crista		1.25

Fonte: HATCH, 2018

Drenagem Interna

Após a realização do tratamento de fundação, na área destinada a pilha, serão implantados pequenos diques de estéril na região intermediária da pilha e na base da pilha será implantado um dique de contenção de pé. Todas essas estruturas serão compostas por blocos de estéril e tem a função principalmente de direcionar os escoamentos superficiais na área da pilha para as estruturas de drenagem superficial, além de contribuir para a estabilidade e a integridade da instalação de rejeitos.

Ainda, serão implantados drenos de fundo ao longo dos talwegues com o objetivo de controlar possíveis contribuições de água subterrânea ao longo da encosta dos vales.

O detalhamento da drenagem interna da Pilha de Rejeitos é apresentado no Item 7.1, uma vez que a estrutura é um dos objetos do presente requerimento de outorga.

Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial destina-se a proteger a Pilha de Rejeitos contra possíveis danos decorrentes do escoamento superficial não controlado da água proveniente de chuvas intensas, principalmente a inundação indesejada e erosão em taludes de corte e aterro. O sistema deve interceptar o escoamento do terreno natural e do topo da pilha e conduzir com segurança todo o volume para os canais de drenagem (ombreira) e conseqüentemente para o reservatório do dique de contenção de finos.

Os dispositivos de drenagem superficial que foram adotados no projeto são os seguintes:

- Valetas de proteção de corte e aterro;
- Descidas d'água em degraus;
- Caixas de Passagem;
- Bueiros Tubulares;
- Dissipadores de Energia.

No desenvolvimento do projeto de drenagem superficial, procurou-se padronizar as dimensões dos diferentes dispositivos aplicados, de forma a facilitar sua construção e implantação, obtendo reduções de custo e de tempo significativas. A padronização proporciona grande economia na aquisição, armazenamento, transporte, aplicação de materiais, assim como de mão de obra, que se reflete no custo final das obras, mesmo que, em sua maioria, os dispositivos possam estar superdimensionados.

Avaliação Hidrológica das Vazões Afluentes

Como todas as áreas de contribuição aos diversos dispositivos de drenagem do projeto se mostraram inferiores a 1 km², o cálculo das vazões afluentes foi feito unicamente pelo "Método Racional".

Foi adotado um coeficiente de escoamento superficial igual a 0,40 para as áreas de contribuição externas à pilha de rejeito, em função da ocupação do solo, arenoso com declividade alta (superior a 7%). Para as áreas da pilha, foi adotado o coeficiente de 0,65, equivalente à superfície exposta da pilha de rejeitos.

Foi adotado o tempo de duração da chuva de projeto de 5 minutos para todas as áreas de contribuição. A intensidade de chuva foi calculada com uma recorrência em função da estrutura de drenagem, de acordo com o QUADRO 5.4.



QUADRO 5.4 – Períodos de Retorno Considerados para Cada Tipo de Estrutura

Componentes de Sistema de Drenagem	Período de Retorno (anos)
Canais Periféricos	500 (verificado para 1000)
Canaletas de Berma	100
Descidas de Água	500
Caixas de Passagem	500
Bacias de Dissipação de Energia	500
Vertedouro	1.000 (1 m borda livre)
Bacias de sedimentação	500

Fonte: HATCH, 2018 – Memorial Descritivo – Projeto Básico.

As áreas de contribuição foram definidas com base na topografia disponível. Com o conhecimento das descargas específicas, para cada TR, da planificação do sistema de drenagem a ser empregado e da capacidade de vazão dos dispositivos de drenagem selecionados, estabeleceu-se a área de drenagem máxima (áreas-limite) que determinado dispositivo de drenagem suportará escoar, simplificando sobremaneira o projeto de drenagem.

Assim sendo, torna-se dispensável a avaliação das vazões de contribuição de cada dispositivo, individualmente, bastando verificar se o porte das áreas de drenagem que cada dispositivo captará associando-se as áreas-limite com os padrões adotados.

O ANEXO III apresenta o arranjo da drenagem superficial da Pilha de Rejeitos, com direcionamento dos deflúvios sobre os rejeitos e aqueles provenientes do terreno natural de montante para o Dique de Contenção de Sedimentos.

Proteção Superficial

Associada à conformação e estabilidade do terreno, bem como à drenagem superficial, mencionados nos itens anteriores, está prevista no projeto a aplicação de técnicas para proteção superficial na área de deposição do rejeito filtrado, de modo a garantir a integridade das estruturas e evitar os processos erosivos nas áreas de intervenção do projeto.

A revegetação da pilha de rejeito será realizada, em princípio, apenas com gramíneas e leguminosas, a fim de manter as condições mínimas de estabilidade, aspecto paisagístico, controle de carreamento de solo e redução da dispersão de material particulado para a atmosfera. Os procedimentos de realização do recobrimento vegetal são detalhados no Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) que integra o Plano de Controle Ambiental (PCA) do empreendimento.

As áreas a serem revegetadas com espécies de gramíneas e leguminosas, após conformação do terreno e implantação dos respectivos sistemas de drenagem, deverão ser principalmente as bancadas da pilha, em fases construtivas, na medida em que estas forem concluídas, ao longo da instalação e operação do empreendimento.

O revestimento superficial dos taludes deverá ser realizado aplicando, principalmente, a técnica de hidrossemeadura, que é um processo indicado para proteção contra o efeito dos agentes erosivos, redução da mobilização e carreamento de partículas em áreas recém-terraplenadas, de taludes de corte e aterros, áreas com recobrimento da vegetação deficiente e quaisquer superfícies de solo desprotegidas. Nesse processo, as sementes de gramíneas, leguminosas ou outros vegetais são lançadas sobre o talude em meio aquoso, que contém também elementos fixadores e nutrientes.



O mix de gramíneas e leguminosas deverá ser estabelecido de acordo com o local de aplicação, dando-se preferência a espécies nativas ou, no caso de exóticas, àquelas não consideradas invasoras.

Posteriormente, depois de estabelecida a vegetação, nas áreas onde for viável e não afetar a estabilidade da pilha, poderão ser inseridas plantas nativas para integração paisagística e aumento da biodiversidade.

Em situações e locais eventualmente necessários, poderão ser empregadas biomantas, com o objetivo de aumentar a proteção do solo e a eficiência do desenvolvimento da vegetação.

Na fase de desativação das minas, a Pilha de Rejeitos será incorporada no escopo técnico do Plano de Fechamento da Mina do Complexo Minerário da Mineração Usiminas situado na região de Serra Azul.

Instrumentação

Com o objetivo de acompanhar e monitorar a implantação e operação da Pilha de Rejeitos Filtrados foram previstos os seguintes instrumentos: piezômetros tipo Casagrande, inclinômetros e marcos superficiais. Estes instrumentos deverão ser instalados durante a implantação e operação da Pilha de Rejeitos, visando monitorar o desenvolvimento de poropressões e eventuais deslocamentos ao longo da vida útil da estrutura. Estes instrumentos serão instalados ao longo das bermas e a sua implantação ocorrerá à medida que a estrutura operacional seja construída.

Para uma avaliação mais consistente do comportamento das estruturas, conjuntamente com a instrumentação, faz-se necessária à realização de inspeções visuais *in locu*. A realização de inspeções cuidadosas e regulares deve indicar tendências, pois as deteriorações tendem a ocorrer de modo progressivo ao longo do tempo.

Os técnicos responsáveis pelas leituras dos instrumentos de auscultação devem ser os responsáveis pelas inspeções de campo, aproveitando as circulações pela crista, ombreiras e outros locais, para o registro de eventuais deteriorações. Estes técnicos deverão registrar todas as observações relevantes como, por exemplo, o aparecimento de fissuras no concreto, locais com infiltração de água, surgências de água, carreamento de material fino, trincas e abatimentos nos aterros, entre outras. Tais registros devem ser prontamente repassados aos responsáveis pelas manutenções das estruturas.

Os resultados das inspeções de campo e os dados da instrumentação das estruturas devem ser sempre tomados como informações mutuamente complementares. Estes dados devem ser analisados conjuntamente, pois algumas vezes os problemas surgem em regiões não instrumentadas da estrutura, onde apenas as inspeções de campo poderão detectá-los.

Destaca-se que mensalmente deverão ser emitidos, pela equipe de operação, relatórios de acompanhamento dos dados obtidos da instrumentação onde deverão constar todas as leituras acumuladas de períodos anteriores e as do mês em referência, além das planilhas e gráficos de leitura x tempo atualizadas e dos registros de eventuais ocorrências de anomalias que tenham sido observadas, relacionadas diretamente ou não com a instrumentação. Informações complementares como nível do reservatório, vazões do rio, índices pluviométricos e outros dados considerados relevantes para a interpretação do documento, devem também ser incluídos.

5.2. DIQUE DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

O Dique de Contenção de Sedimentos situa-se na porção inferior da Pilha de Rejeitos e tem a função de reter todo o carreamento de finos provenientes da estrutura de disposição de rejeitos.

A geometria do dique caracteriza-se por uma crista com 7,0 m de largura, taludes de montante e jusante com 1H:2V, bermas com 5,0 m de largura e desnível de 5,0 m de altura. No QUADRO 5.5 são apresentadas as características da geometria do Dique de Contenção de Sedimentos.

QUADRO 5.5 – Características do Dique de Contenção de Sedimentos

Descrição	Medidas
Largura das bermas	5,0 m
Altura máxima dos taludes	5,0 m
Inclinação dos taludes	2.0H:1.0V
Inclinação geral (Talude Global)	2,6 H:1.0V
Elevação do topo da dique	901,0 m
Altura máxima do dique (geral)	9,40
Volume do reservatório (El. 901,0m)	106.394,0 m ³
Volume útil do reservatório (El. 898,50m)	46.200,78 m ³

Fonte: HATCH, 2018 – Memorial Descritivo – Projeto Básico.

Um acesso operacional será implantado a fim de interligar a base da Pilha de Rejeitos até a crista do Dique de Contenção de Sedimentos. Este acesso terá 12,0 m de largura com declividade transversal para um dos lados, com drenagem superficial caracterizada por uma VPA-04 que direcionará toda a drenagem para o reservatório do dique.

Toda a geometria será executada em aterro compactado, com proteção vegetal no talude de jusante. Ainda, na crista e berma desta estrutura estão previstos dispositivos de segurança do tipo leira em aterro compactado. Tais estruturas tem o objetivo de minimizar o risco de queda e tombamento de pessoas e veículos.

O ANEXO IV apresenta o arranjo geral e as seções típicas do Dique de Contenção de Sedimentos.

Análise de Estabilidade

Para a análise da estabilidade estática e pseudo-estática, foram consideradas superfícies de falhas circulares. Todos os cálculos de estabilidade foram realizados com o Programa SLOPE/W (versão 2016) de Geo-Slope International, considerando o método Morgenstern-Price.

Ao longo da fundação foi realizada a remoção de solo mole / inconsolidado (espessura média de 3,0 m). O dique é composto por estruturas de terra homogênea e com filtro/dreno vertical e horizontal, composto por material granular com a finalidade de controlar as infiltrações através de seu corpo e fundação. A FIGURA 5.2 ilustra a seção típica do dique.

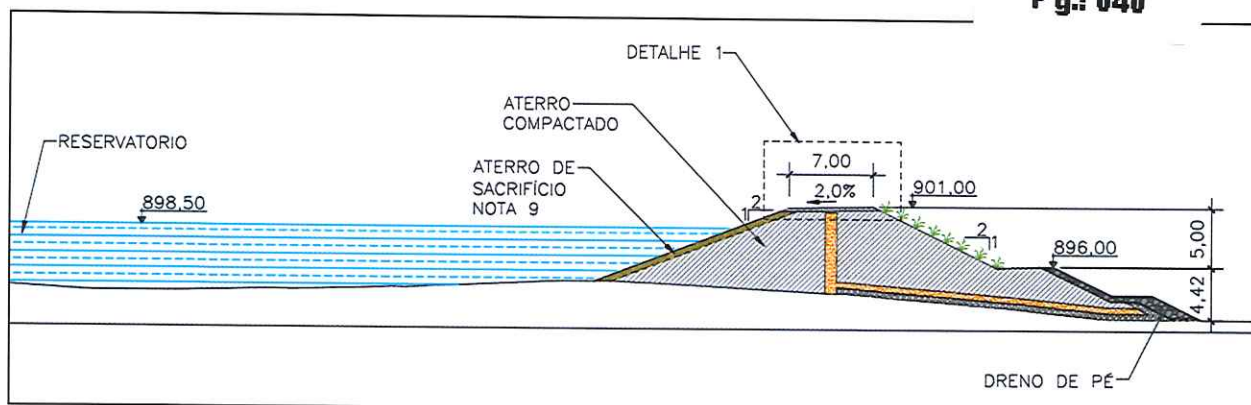


FIGURA 5.2 – Seção Típica do Dique de Contenção de Sedimentos

Fonte: HATCH, 2018.

Os parâmetros de resistências dos materiais empregados nas análises de estabilidade foram determinadas através da interpretação dos dados / informações coletadas durante as investigações de campo, principalmente através dos valores de SPT e na experiência da HATCH com materiais similares. Com relação às condições piezométricas foi realizada análise de percolação para a obtenção da superfície freática, bem como a adoção de valores de R_u e $B\text{-bar}$ para simular acréscimos das poropressões no aterro e fundação. Ainda, foi realizada uma análise de sensibilidade, variando $B\text{-bar}$ (0,3 a 0,4) para os solos de fundação, para a condição de curto-prazo (final de construção do maciço). O objetivo desta análise era entender se um maior desenvolvimento de poro-pressão na fundação poderia causar alguma instabilidade no dique.

A estrutura projetada foi avaliada para as condições de carregamento listadas a seguir:

- Curto-Prazo (final de construção) - foram adotados parâmetros de resistência a fim de simular a condição onde os excessos de poropressões e condições freáticas não se dissipam completamente e nem atingem as condições hidrostáticas. Para esta situação foram avaliados os taludes de montante e jusante;
- Longo-Prazo (operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório) - trata-se da condição operacional que representa o cenário que a estrutura encontra-se em operação com reservatório em nível operacional máximo. Ainda, nesta fase já ocorreu a dissipação das poropressões na fundação e as condições hidrostáticas foram atingidas;
- Pseudo-estático (solicitação sísmica com nível normal do reservatório) - trata-se da situação onde ocorre geração de poropressão devido a ocorrência de terremoto e as condições de carregamento se tornam não drenadas. Ainda, nesta condição foram avaliadas as condições com o reservatório no nível operacional normal e máximo.

O QUADRO 5.6 consolida os resultados das análises de estabilidade obtidos para o Dique de Contenção de Sedimentos.

QUADRO 5.6 – Resultados das Análises de Estabilidade – Dique de Contenção de Sedimentos

Condição de Carregamento	Tipo de Ruptura		FS Mínimo	FS Obtido
Final de Construção	Maciço e Fundação	Talude de Jusante	1.3	1.44
		Talude de Montante		1.60
Situação Operacional Normal	Maciço e Fundação	Talude de Jusante	1.5	1.58
Pseudo-estática - nível normal do reservatório	Maciço e Fundação	Talude de Jusante	1.0	1.22
Pseudo-estática - nível máximo do reservatório	Maciço e Fundação	Talude de Jusante	1.0	1.18

Fonte: HATCH, 2018.

De forma adicional foi realizado estudo de sensibilidade para avaliar a condição de geração de poropressão na fundação logo após a construção da estrutura, considerando diferentes valores de B-bar (QUADRO 5.7). É possível observar que ocorre um decréscimo no fator de segurança com o acréscimo da poropressão junto da fundação. Se for observada situação onde a geração de poropressão na fundação for elevada, da ordem de 0,4, será necessária a redução de velocidade de construção ou implantar de uma berma de equilíbrio junto ao talude de jusante.

QUADRO 5.7 – Estudo de Sensibilidade – Dique de Contenção de Sedimentos

Condição de Carregamento	B-bar	Tipo de Ruptura		FS Mínimo	FS Obtido
Final de Construção	0,10	Maciço e Fundação	Talude de Jusante	1.3	1.54
			Talude de Montante		1.69
Final de Construção	0,20	Maciço e Fundação	Talude de Jusante		1.44
			Talude de Montante		1.60
Final de Construção	0,30	Maciço e Fundação	Talude de Jusante		1.34
			Talude de Montante		1.51
Final de Construção	0,40	Maciço e Fundação	Talude de Jusante		1.24
			Talude de Montante		1.43

Fonte: Hatch, 2018.

Estudos Hidrológicos e Hidráulicos - Drenagem Interna, Drenagem Superficial e Sedimentologia

Os estudos hidrológicos e hidráulicos destinados à concepção e dimensionamento dos dispositivos hidráulicos de drenagem interna e drenagem superficial do maciço e estudo sedimentológico do reservatório são apresentados no Item 7.2 deste relatório, compondo a análise de um dos objetos de requerimento de outorga – barramento em curso d'água sem captação. Neste item também é apresentada a instrumentação de monitoramento e controle geotécnico.

6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

A implantação da Pilha de Rejeitos se dará na região de média/baixa vertente da Serra Azul, no vale do córrego Jatobazinho e córrego afluente (sem nome), se estendendo até próximo da confluência com o córrego Jatobá, onde está prevista a implantação do Dique de Contenção de Sedimentos. Imediatamente a jusante do dique ocorre a confluência dos córregos Jatobazinho e Jatobá, de onde este último se estende até sua foz no córrego Samambaia. A localização da Pilha de Rejeitos está prevista para a região media/alta do córrego Jatobazinho, enquanto na região média/baixa está prevista a construção do Dique de Contenção de Sedimentos.

O QUADRO 6.1 apresenta os pontos notáveis relacionados à dinâmica hídrica na sub-bacia do córrego Jatobá. A FIGURA 6.1 ilustra a localização desses pontos notáveis.

QUADRO 6.1 - Pontos Notáveis na Bacia do Córrego Jatobá

Visualização Cartográfica	Ponto Notável	Tipo	Coordenadas UTM		
			E-W	N-S	Altitude (m)
1	Dique Mazano 1	Dique de contenção	560.395	7.772.970	1.145
2	Dique Mazano 2	Dique de contenção	560.378	7.772.885	1.130
3	C24	Captação	560.618	7.771.746	945
4	C25	Captação	560.611	7.771.751	958
5	C26	Captação	560.602	7.771.682	958
6	C27	Captação	560.504	7.771.469	880
7	Barramento 1	Barramento	560.450	7.771.230	935
8	Barramento 2	Barramento	560.010	7.770.854	927
9	Barramento MBL	Barramento	559.915	7.770.716	893
10	Barramento Usiminas	Barramento	559.929	7.770.494	887

Coordenadas: UTM / Datum Horizontal SIRGAS 2000 / Fuso 23S

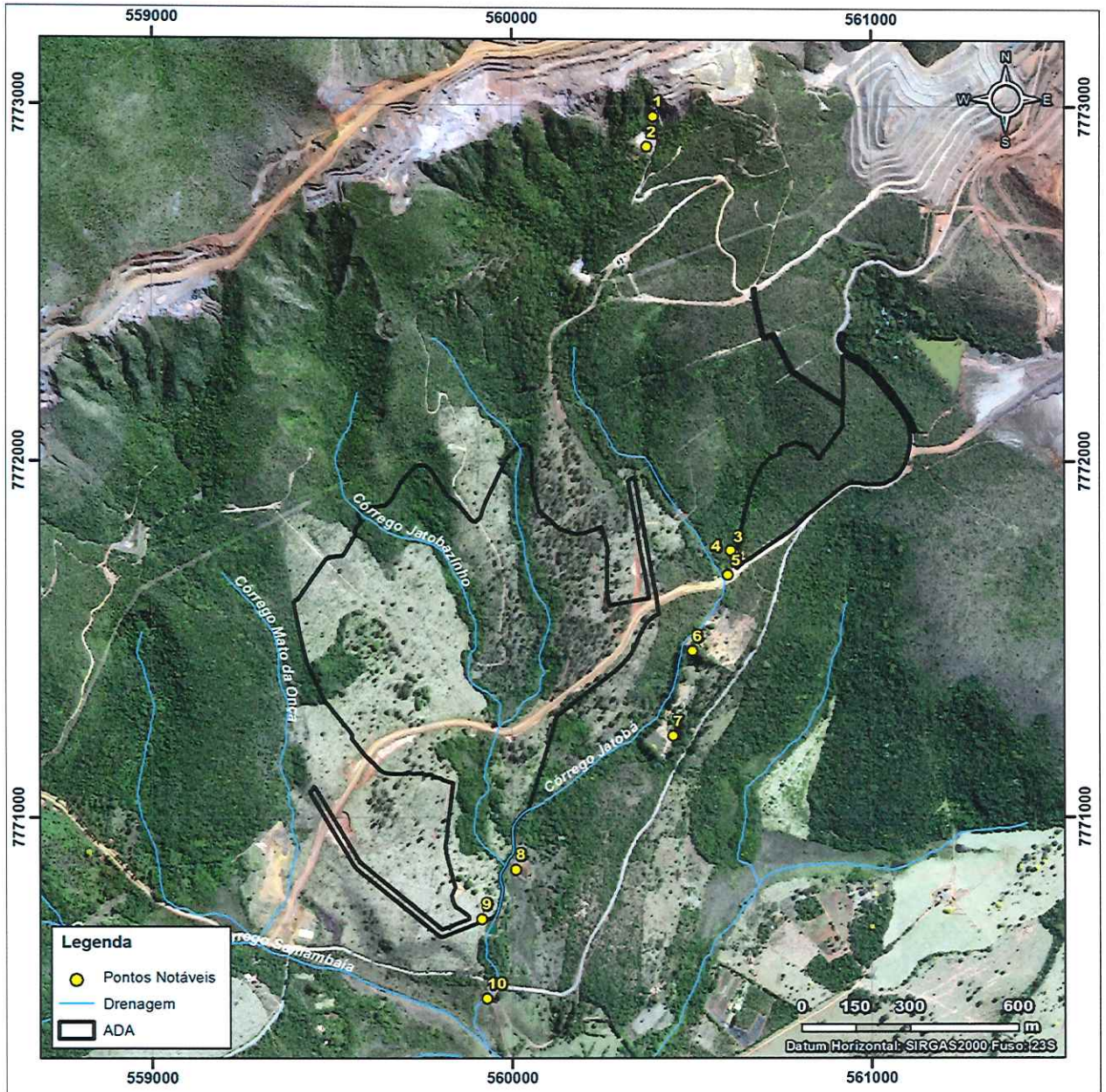


FIGURA 6.1 – Pontos Notáveis Existentes na Bacia do Córrego Jatobá



A FOTO 6.1 apresenta uma visão geral da região de implantação da Pilha de Rejeitos, tendo a Serra Azul ao fundo. Na imagem é indicado o vale do córrego Jatobazinho, diretamente afetado pelo empreendimento.



FOTO 6.1 – Vista do vale do córrego Jatobazinho, local de inserção da Pilha de Rejeitos

A FIGURA 6.2 apresenta um mapa de identificação dos registros fotográficos realizados em janeiro de 2018 nas áreas de intervenção dos recursos hídricos outorgáveis pela Pilha de Rejeitos e Dique de Contenção de Sedimentos. A FOTO 6.2 a FOTO 6.5 ilustram os trechos de intervenção e de entorno.

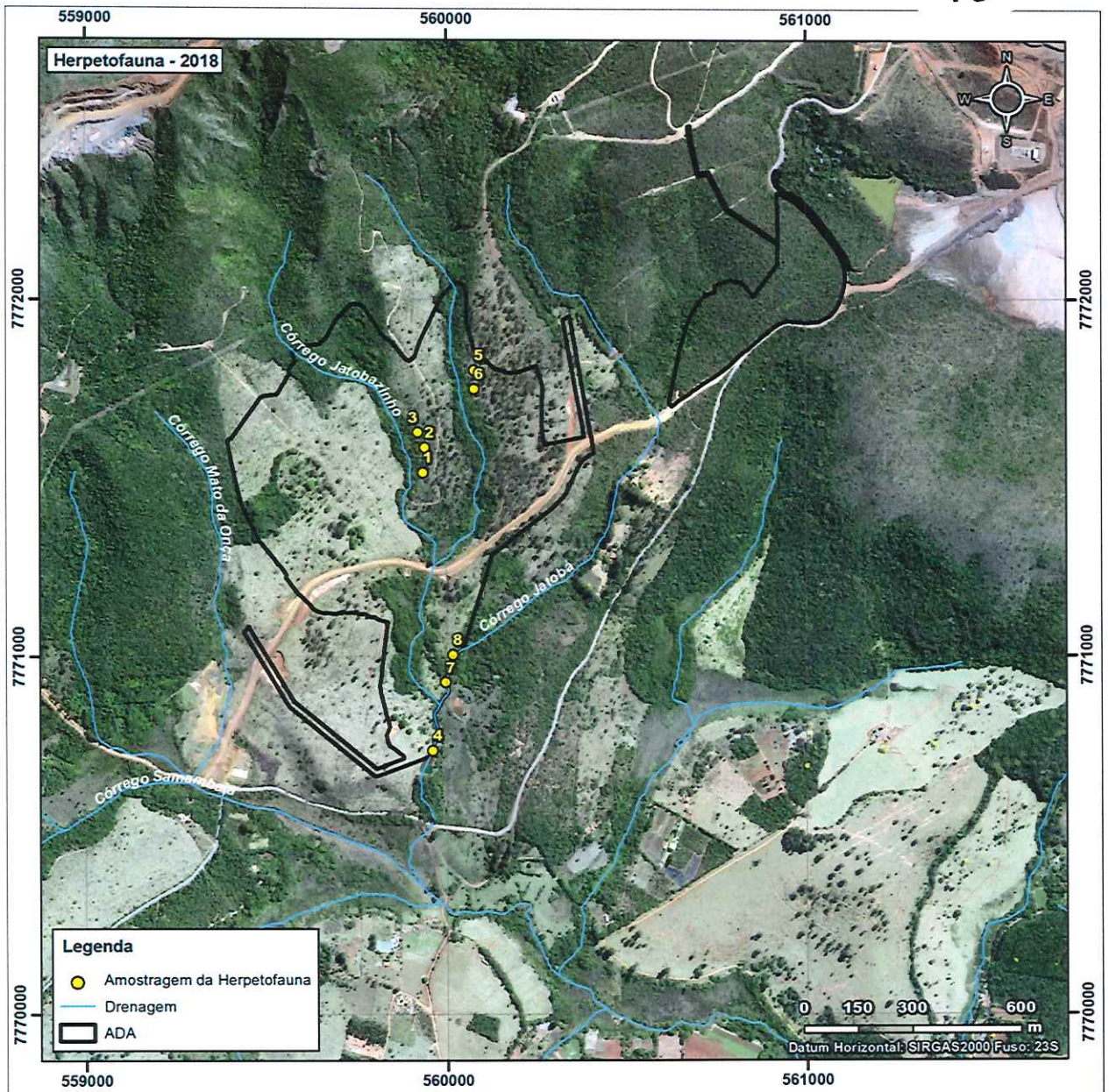


FIGURA 6.2 – Mapa de Identificação dos Registros Fotográficos



FOTO 6.2 – Calha fluvial do córrego Jatobazinho na porção central da Pilha de Rejeitos, correspondente ao Dreno 2A (Foto esquerda - Ponto 1 (23 K 0559935 / 7771518) Foto direita - Ponto 2 (23K 0559940 / 7771588)).



FOTO 6.3 – Calha fluvial do córrego Jatobazinho na porção central da Pilha de Rejeitos (Foto esquerda – Ponto 3: 23 K 0559921/ 7771630). Represamento artificial do córrego Jatobá a jusante do Dique de Contenção de Sedimentos (Foto direita – Ponto 4: 23 K 0559960/ 7770738).



FOTO 6.4 – Calha fluvial do córrego Sem Nome afluente ao córrego Jatobazinho pela margem esquerda na porção nordeste da Pilha de Rejeitos, a montante do Dreno 2B (Foto esquerda – Ponto 5 (23 K 0560077/ 7771804) Foto direita – Ponto 6 (23 K 0560078/ 7771751)).



FOTO 6.5 – Calha fluvial do córrego Jatoba a montante da confluência com o córrego Jatobazinho (Foto esquerda – Ponto 7 (23 K 0559997/ 7770928) Foto direita – Ponto 8 (23 K 0560017/ 7771005)).

7. REQUISIÇÃO DE OUTORGAS

Para implantação da Pilha de Rejeitos e do Dique de Contenção de Sedimentos do Projeto Sistema de Disposição de Rejeitos MUSA será necessária a intervenção no corpo d'água inserido na Área Diretamente Afetada (ADA) por estas duas estruturas operacionais, notadamente o córrego Jatobazinho, com potencial alteração do regime, quantidade e qualidade dessas águas superficiais.

As intervenções previstas em projeto consistem na canalização/retificação das drenagens naturais a serem sobrepostas pela deposição de rejeitos na pilha, na forma de drenos de fundo; e no barramento do corpo d'água a jusante, a partir da construção de um Dique de Contenção de Sedimentos.

Nos itens seguintes são apresentadas as informações e estudos técnicos necessários à requisição de outorga para as modalidades envolvidas com a viabilidade do empreendimento, incluindo: canalização/retificação de cursos d'água e barramento sem captação de água de corpos hídricos.

7.1. CANALIZAÇÃO/RETIFICAÇÃO - DRENAGEM DE FUNDO

Conforme Manual de Outorga do IGAM (2010), a canalização é toda obra ou serviço que tenha por objetivo dar forma geométrica definida para a seção transversal do curso d'água, ou trecho deste, com ou sem revestimento de qualquer espécie nas margens ou no fundo. A retificação do curso de água é obra ou serviço que tenha por objetivo alterar, total ou parcialmente, o traçado ou percurso original de um curso de água.

As intervenções se referem principalmente à necessidade de regularização de trechos de cursos de água, visando à melhoria das condições de escoamento ou mudanças na seção natural. A intervenção poderá modificar as condições do meio hídrico, em seus aspectos quantitativos e de regime de vazões sendo, neste caso, passível de outorga.

"São considerados usos passíveis de outorga de direito de uso de recursos hídricos e analisados como um modo de uso de Canalização, os drenos em pilhas de estéreis na mineração e drenos de fundo."

Com o objetivo de licenciamento ambiental do empreendimento, apresenta-se o estudo referente às drenagens de fundo na futura área destinada à implantação da Pilha de Rejeitos.

Os drenos de fundo da Pilha de Rejeitos a serem executados na fundação do maciço da pilha terão a função de captar toda a água proveniente da infiltração devido à água da chuva, assim como a vazão de escoamento de base, de forma que esse fluxo seja direcionado para o talvegue não permitindo a saturação do maciço.

Conceitualmente, os drenos de fundo da Pilha de Rejeitos serão compostos por um núcleo drenante em enrocamento, devendo ser transicionado em relação à fundação da pilha e ao aterro com o objetivo de garantir a permeabilidade e não colmatação do dreno.



Conforme apresentado na FIGURA 7.1, observa-se que os trechos de dreno de fundo passíveis de outorga (Dreno 2), situados no córrego Jatobazinho e drenagem afluente pela margem esquerda, propostos para a Pilha de Rejeitos estão inseridos predominantemente em áreas de Floresta Estacional Semidecidual (FESD), sendo que os trechos de montante compreendem as formações florestais em estágio médio de regeneração, enquanto os trechos de jusante compreendem as formações em estágio inicial de regeneração. Um segundo trecho de dreno de fundo (Dreno 1), no extremo oeste da Pilha de Rejeitos, possui como uso do solo predominantemente áreas de pastagem com árvores isoladas, contudo, tal intervenção não ocorre em curso d'água, não sendo, portanto, passível de outorga.

Em relação ao Dique de Contenção de Sedimentos, a jusante da Pilha de Rejeitos, observa-se que há uma diversidade de usos, compostos por FESD em estágio médio e inicial de regeneração, pasto com árvores isoladas e solo exposto, tanto no maciço do barramento quanto no reservatório de acumulação.

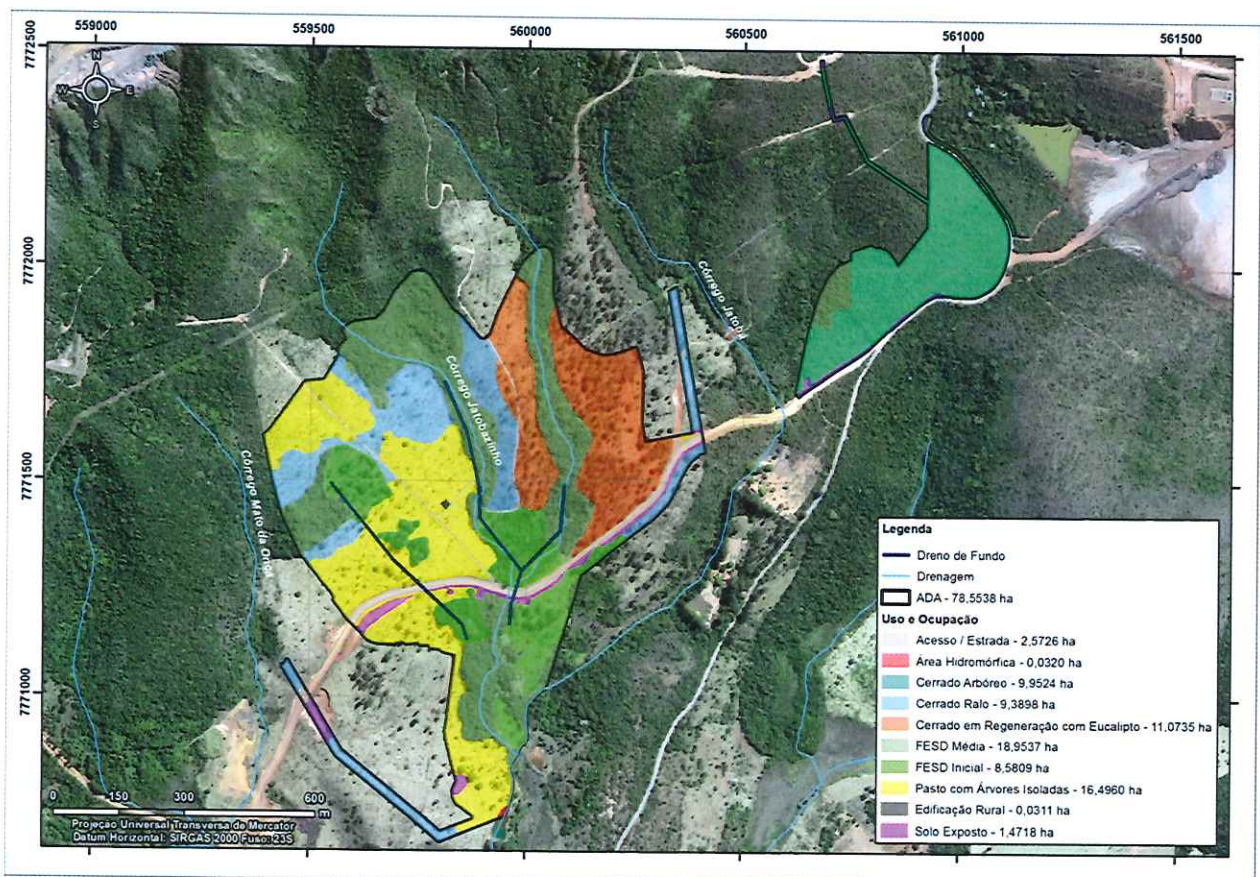


FIGURA 7.1 – Uso e Ocupação do Solo do Sistema de Disposição de Rejeitos MUSA, com Indicação dos Drenos de Fundo sob a Pilha de Rejeitos



Foram propostos, nesta fase de projeto, a instalação de drenos de fundo em dois talwegues existentes na ADA da Pilha de Rejeitos, córrego Jatobazinho e seu afluente Sem Nome pela margem esquerda, afluentes do córrego Jatobá. Um terceiro trecho foi previsto sobre terreno natural sem ocorrência de curso d'água ou mesmo talvegue. Essas proposições se devem a possibilidade do aparecimento de novos pontos de surgência após a Pilha de Rejeitos construída, dado que a perda por evaporação, na fundação, deixará de existir.

A FIGURA 7.2 apresenta os drenos de fundo previstos para a Pilha de Rejeitos na carta do IBGE.

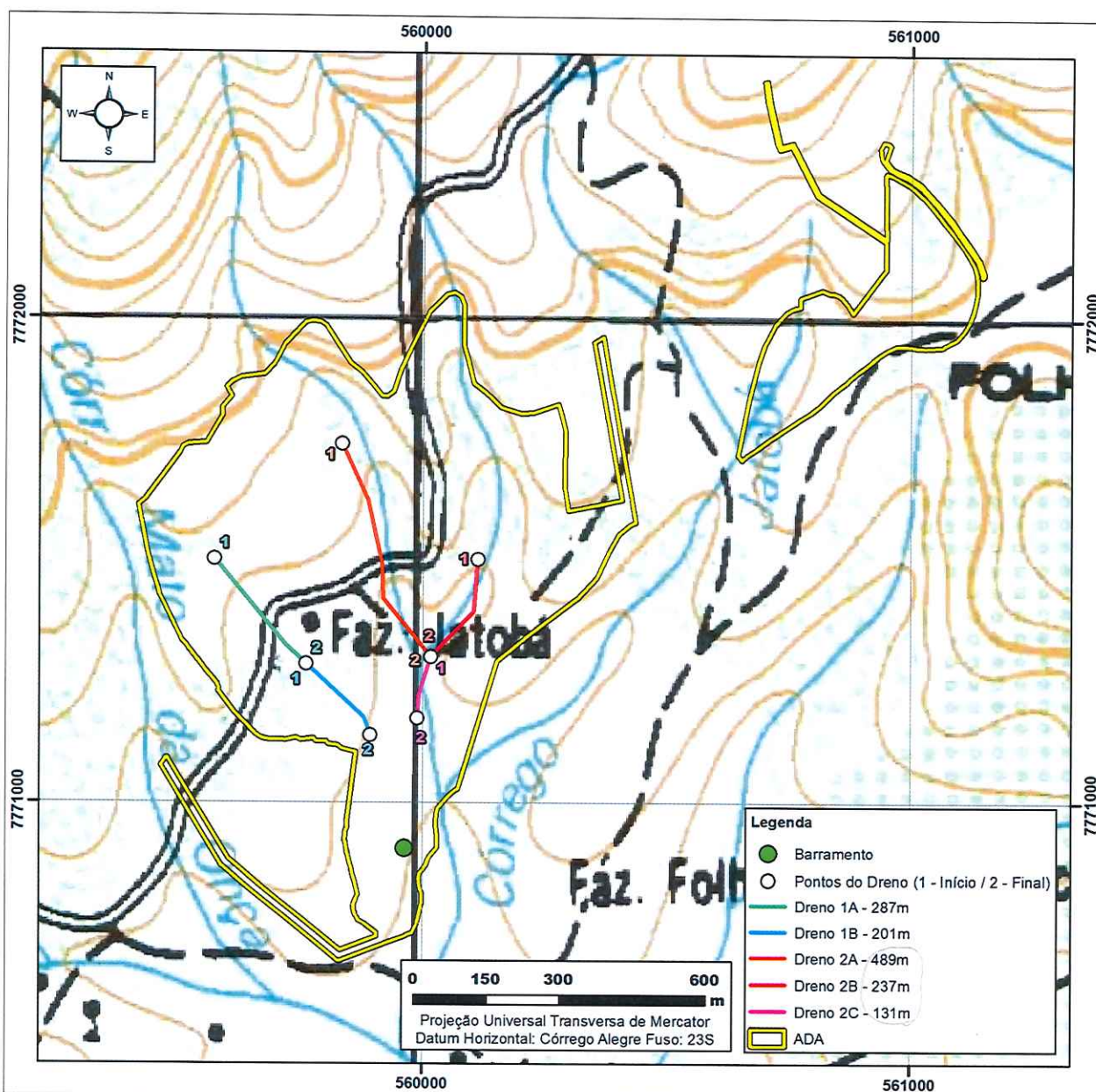


FIGURA 7.2 – Drenos de Fundo da Pilha de Rejeitos – Carta IBGE



A FIGURA 7.3 apresenta em detalhe os trechos dos drenos de fundo da Pilha de Rejeitos, enquanto o QUADRO 7.1 apresenta a extensão de cada trecho de dreno e respectivas coordenadas. Ressalta-se que apenas o Dreno 2 é passível de outorga, tendo em vista sua localização sob drenagens naturais – córrego Jatobazinho e córrego Sem Nome afluente. O ANEXO V apresenta a planta e seções da drenagem interna da Pilha de Rejeitos.

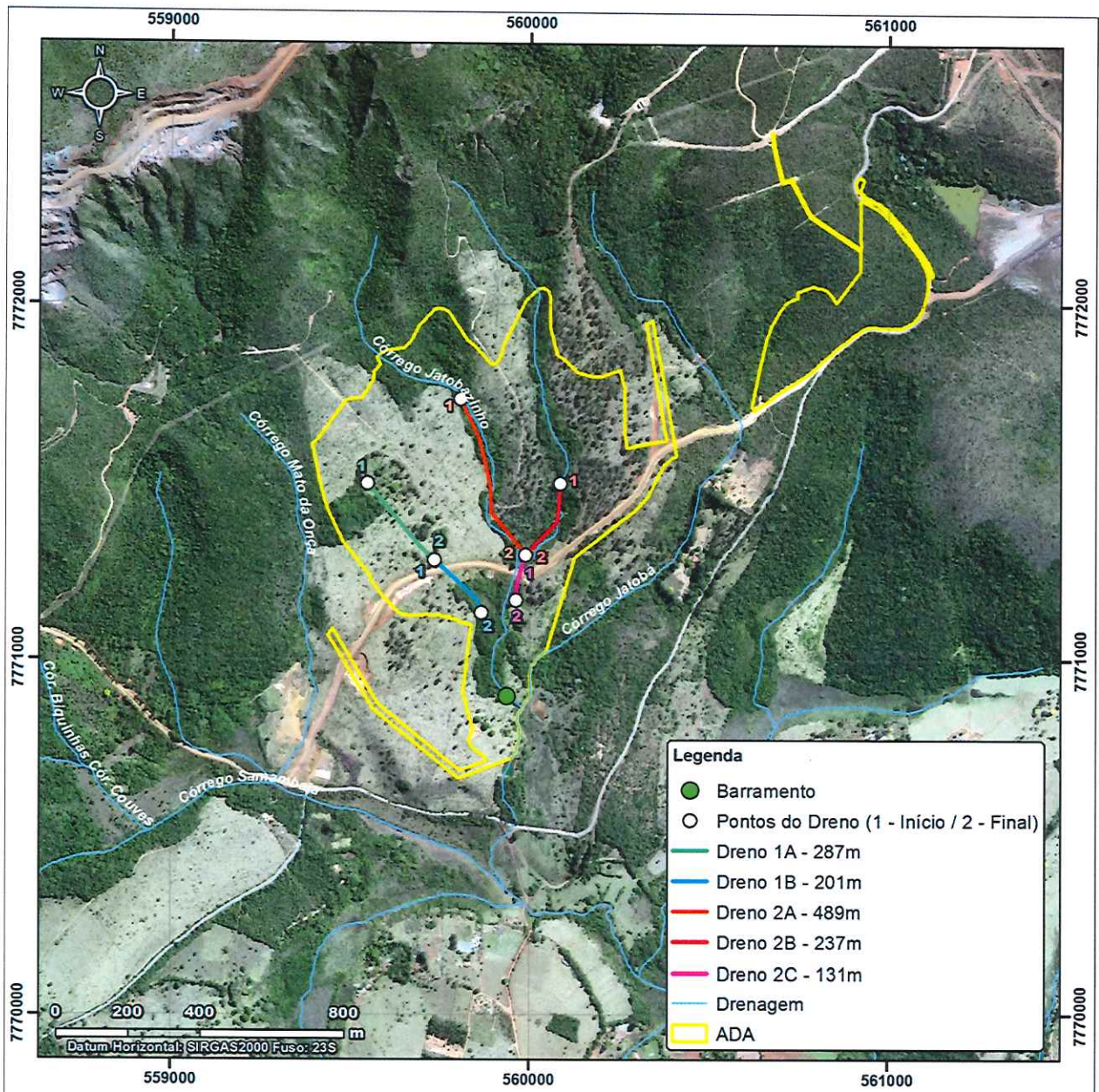


FIGURA 7.3 – Detalhe dos Drenos de Fundo da Pilha de Rejeitos



QUADRO 7.1 – Extensão e Coordenadas Iniciais e Finais dos Drenos de Fundo

Identificação	Trecho	Extensão (m)	Coordenadas dos Trechos			
			Início		Fim	
Dreno 1	1A	286,90	559.546,2	7.771.496	559.733,3	7.771.279
	1B	200,80	559.733,3	7.771.279	559.864,9	7.771.132
Dreno 2	2A	488,70	559.807,0	7.771.733	559.989,8	7.771.294
	2B	237,20	560.086,6	7.771.496	559.989,8	7.771.294
	2C	130,60	559.989,8	7.771.294	559.962,4	7.771.167

COORDENADAS: UTM / Datum Horizontal SIRGAS 2000 / Fuso 23S
Fonte: Hatch, 2018.

7.1.1. Estudo Hidrológico-Hidráulico

Após a realização do tratamento de fundação na área destinada à pilha de rejeitos, serão implantados drenos de fundo ao longo de todos os talvegues com o objetivo de controlar possíveis contribuições de água subterrânea ao longo da encosta dos vales e favorecer a sua retirada na porção inferior da pilha. A posição e dimensões dos drenos de Fundo encontram-se ilustrados no desenho apresentado no ANEXO V.

O dimensionamento dos drenos de fundos foi realizado considerando a vazão obtida pela soma das contribuições de água subterrânea, provenientes da fundação da pilha (R1), e das contribuições provenientes das águas de chuva incidentes sobre a pilha (R2). Essas contribuições são determinadas a partir de um balanço hídrico realizado no intervalo mensal.

Para as áreas em terreno natural (áreas adjacentes à pilha), o valor de coeficiente de escoamento superficial adotado foi igual a 0,40, enquanto para as áreas de pilha esse valor foi igual a 0,65. Esta definição implica em dizer que a recarga na área de pilha é menor que a recarga em áreas preservadas em terreno natural. O QUADRO 7.2 e QUADRO 7.3 apresentam os resultados do balanço hídrico realizado para cada uma dessas áreas.

QUADRO 7.2 – Valores Médios Mensais da Recarga na Área em Terreno Natural

Recarga (R1) (mm)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	126.0	35.8	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.0	136.2

Fonte: Hatch, 2018.

QUADRO 7.3 – Valores Médios Mensais da Recarga na Área da Pilha de Rejeitos

Recarga (R2) (mm)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	43.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.3

Fonte: Hatch, 2018.

